

(19) 日本国特許庁(JP)

## (12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5117505号  
(P5117505)

(45) 発行日 平成25年1月16日(2013.1.16)

(24) 登録日 平成24年10月26日(2012.10.26)

(51) Int.Cl.

F 1

GO1N 29/00	(2006.01)	GO1N 29/00	501
GO1N 21/00	(2006.01)	GO1N 21/00	A
GO1N 29/02	(2006.01)	GO1N 29/02	

請求項の数 9 (全 11 頁)

(21) 出願番号 特願2009-535841 (P2009-535841)  
 (86) (22) 出願日 平成19年11月2日 (2007.11.2)  
 (65) 公表番号 特表2010-509583 (P2010-509583A)  
 (43) 公表日 平成22年3月25日 (2010.3.25)  
 (86) 國際出願番号 PCT/IB2007/054444  
 (87) 國際公開番号 WO2008/056307  
 (87) 國際公開日 平成20年5月15日 (2008.5.15)  
 審査請求日 平成22年10月29日 (2010.10.29)  
 (31) 優先権主張番号 06123851.5  
 (32) 優先日 平成18年11月10日 (2006.11.10)  
 (33) 優先権主張国 歐州特許庁 (EP)

(73) 特許権者 590000248  
 コーニンクレッカ フィリップス エレクトロニクス エヌ ヴィ  
 オランダ国 5621 ベーアー アインドーフェン フルーネヴァウツウェッハ  
 1  
 (74) 代理人 100087789  
 弁理士 津軽 進  
 (74) 代理人 100114753  
 弁理士 宮崎 昭彦  
 (74) 代理人 100122769  
 弁理士 笛田 秀仙

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 改良された信号処理を持つ光音響検出器

## (57) 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

サンプル混合物内のサンプルの濃度を検出する光音響検出器であって、  
 前記サンプルの分子を励起する光ビームを生成する光源と、  
 前記サンプル混合物において圧力変化を生成するように前記光ビームを変調する光変調器であって、前記圧力変化の振幅が前記濃度の尺度である、当該光変調器と、  
 前記圧力変化を検出器電流に変換する検出器素子と、  
 前記検出器電流を処理して前記濃度を表す出力信号を生成する処理セクションと、  
 を有する光音響検出器において、

前記処理セクションが、

前記検出器電流を積分する積分増幅器であって、ホールドスイッチを介して前記検出器素子に結合される当該積分増幅器と、

前記検出器電流の周期の所定の間隔中に前記積分増幅器を前記検出器素子に結合するため前記ホールドスイッチを動作するホールド信号を生成するタイミング回路と、

後処理ユニットとを有し、当該後処理ユニットが、

前記積分増幅器からの積分電圧を所定の値と比較する比較器と、

前記積分電圧が前記所定の値に到達する場合に、リセットスイッチを閉じ、前記積分増幅器をリセットするリセットパルスを供給するリセットパルス生成器と、

前記積分電圧が前記所定の値に到達する場合に、前記所定の値に到達するのに使用される合計サンプリング時間を決定するタイマと、

10

20

を有することを特徴とする、光音響検出器。

【請求項 2】

前記タイミング回路が、前記検出器電流の周波数に等しい周波数及び 50 % のデューティサイクルを持つ周期的信号として前記ホールド信号を生成することにより反復的に前記ホールドスイッチを動作する、請求項 1 に記載の光音響検出器。

【請求項 3】

前記検出器素子が、振動子素子であり、前記光変調器が、前記振動子素子の共振周波数において前記光ビームを変調する、請求項 1 に記載の光音響検出器。

【請求項 4】

前記振動子素子が、結晶振動子、例えば水晶音叉である、請求項 3 に記載の光音響検出器。

10

【請求項 5】

前記タイミング回路が、前記検出器電流の周波数の 3 分の 1 に等しい周波数及び 50 % のデューティサイクルを持つ周期的信号として前記ホールド信号を生成することにより反復的に前記ホールドスイッチを動作する、請求項 1 に記載の光音響検出器。

【請求項 6】

前記タイミング回路が、前記検出器電流の周波数の半分に等しい周波数及び 75 % のデューティサイクルを持つ周期的信号として前記ホールド信号を生成することにより反復的に前記ホールドスイッチを動作する、請求項 1 に記載の光音響検出器。

【請求項 7】

20

前記処理セクションが、

第 1 の出力信号及び第 2 の出力信号をそれぞれ生成することにより第 1 の測定及び第 2 の測定を行い、前記第 2 の測定に使用される前記ホールド信号が前記検出器電流の周期の半分だけ位相シフトされ、

前記第 1 の出力信号及び前記第 2 の出力信号の絶対値から平均出力信号を計算する、請求項 2、5 又は 6 のいずれか一項に記載の光音響検出器。

【請求項 8】

前記ホールドスイッチが、バッファ段を介して前記検出器素子に結合される、請求項 1 に記載の光音響検出器。

【請求項 9】

30

前記処理セクションが、前記積分増幅器からの積分電圧を前記出力信号に複製する選択スイッチと、前記積分増幅器をリセットするリセットスイッチとを更に有し、前記タイミング回路が、前記選択スイッチを動作する選択信号及び引き続いて前記リセットスイッチを動作するリセット信号を生成し、前記タイミング回路が、更に、前記リセット信号の周波数の少なくとも 2 倍の周波数を持つ前記ホールド信号を生成する、請求項 1 に記載の光音響検出器。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、サンプル混合物内のサンプルの濃度を検出する光音響検出器に関し、前記光音響検出器は、前記サンプルの分子を励起する光ビームを生成する光源と、前記サンプル混合物において圧力変化を生成するように前記光ビームを変調する光変調器であって、前記圧力変化の振幅が前記濃度の尺度である当該光変調器と、前記圧力変化を検出器電流に変換する検出器素子と、前記濃度を表す出力信号を生成するように前記検出器電流を処理する処理セクションとを有する。

40

【背景技術】

【0002】

このような光音響検出器は、U.S. 2,005,011,715.5 として刊行された米国特許出願から既知である。前記特許出願は、前記圧力変化を検出するのに水晶音叉を使用する光音響トレースガス検出器を記載している。光変調は、振幅又は波長変調を使用して実行

50

される。前置増幅器による増幅後に、ロックイン増幅器は、出力信号を収集するために前記検出器信号を基準信号と混合する。前記ロックイン増幅器に対する基準信号は、前記光ビームを変調する信号から取られる。前記圧力変化の検出に対する前記水晶音叉の使用は、比較的コンパクトな光音響トレースガス検出器を可能にする。

#### 【0003】

光音響トレースガス検出器の応用は、呼気検査である。呼気検査は、医療技術の有望な分野である。呼気試験は、非侵襲的、ユーザフレンドリかつ低コストである。呼気試験の主要例は、喘息の監視、アルコール呼気試験並びに胃病及び急性の臓器拒絶反応の検出である。最初の臨床試験は、乳がん及び肺がんのプレスクリーニングにおいて可能な応用を示す。これらの揮発性バイオマーカは、10億分の1 (ppb) 範囲の典型的な濃度を持つ。酸化窒素 (NO) は、人間の呼気の周知のトレースガスであり、NOの高められた濃度は、喘息患者において見つけられることができる。現在、ppb 濃度における呼気NOレベルは、化学発光又は光吸収分光法に基づく高価で大きな機器を使用してのみ測定されることができる。コンパクトな低コストのNOセンサは、気道炎症を診断及び監視するのに使用されることができ、診療所において及び家庭での薬物治療制御に対して使用されることができる興味深い装置を形成する。

10

#### 【発明の概要】

#### 【発明が解決しようとする課題】

#### 【0004】

U.S.2005/0117155による光音響トレースガス検出器の問題は、トレースガス検出中の検出器電流が、しばしば非常に低く、電子ノイズにより容易に支配され、これが低濃度におけるトレースガス検出を制限することである。

20

#### 【0005】

本発明の目的は、最新の検出器より低い検出器制限を持つ、冒頭の段落に記載の光音響検出器を提供することである。

#### 【課題を解決するための手段】

#### 【0006】

本発明の第1の態様によると、この目的は、前記処理セクションが、前記検出器電流を積分する積分増幅器であって、ホールドスイッチを介して前記検出器素子に結合される当該積分増幅器と、前記検出器電流の周期の所定の間隔中に前記積分増幅器を前記検出器素子に結合するために前記ホールドスイッチを動作するホールド信号SW<sub>HOLD</sub>を生成するタイミング回路とを有するので、達成される。

30

#### 【0007】

前記検出器素子は、前記サンプル混合物において前記光源により誘発される圧力変化の共振周波数において振動する検出器電流を提供する。前記積分増幅器における前記ホールドスイッチの動作は、前記検出器電流の周期中の所定の間隔のみサンプリングする結果となる。固定の間隔は、前記振動する検出器電流の正の部分が負の部分を補償し、結果として、周期全体にわたる前記検出器電流の積分値が前記圧力変化の振幅に依存しないので、前記周期全体より短く選択される。周期全体にわたる前記検出器電流の積分は、前記サンプル混合物内の前記サンプルの濃度に関する情報を提供しない。前記信号のより短い所定の間隔のみ積分することにより、この補償は生じず、より高い振幅は、より高い積分値の結果となる。各得られた信号サンプルは、前記サンプルの濃度の尺度である。前記検出器電流の複数の周期に対して前記得られた信号サンプルを加算することにより、前記出力信号のゲインは向上され、より低いサンプル濃度が検出されることができる。

40

#### 【0008】

好ましくは、前記タイミング回路は、前記検出器電流の周波数に等しい周波数及び50%のデューティサイクルを持つ周期的信号としてホールド信号SW<sub>HOLD</sub>を生成することにより反復的に前記ホールドスイッチを動作する。

#### 【0009】

好ましくは、前記検出器電流及び前記ホールド信号SW<sub>HOLD</sub>は、同相又は逆位相である。

50

前記検出器電流の各周期の 50 %をサンプリングすることにより、前記検出器電流の正の部分のみ又は前記検出器電流の負の部分のみが積分される。この振動子素子からの信号の複数の周期の正の部分のみを加算することにより、前記検出器のゲイン及び信号対雑音比は、大幅に改良され、これにより高感度の光音響検出器をもたらす。前記検出器電流及びホールド信号 $SW_{HOLD}$ が、厳密に同相又は逆位相ではない場合、前記検出器のゲインは減少する。

【0010】

好ましくは、前記検出器素子は、振動子素子であり、前記光変調器は、前記振動子素子の共振周波数において前記光ビームを変調する。

【0011】

小さな帯域幅のため、このような振動子素子は、環境音響ノイズに対して感度が低い。このような振動子からの前記検出器電流は、高度に正弦波であり、これは、前記検出器電流を下に記載される処理スキームとの使用に非常に適したものにする。

【0012】

前記光音響検出器の他の実施例において、前記タイミング回路は、前記検出器電流の周波数の 3 分の 1 に等しい周波数及び 50 %のデューティサイクルを持つ周期的信号としてホールド信号 $SW_{HOLD}$ を生成することにより反復的に前記ホールドスイッチを動作する。

【0013】

この実施例において、前記検出器電流は、3 周期ごとに 1 回だけ積分され、前記検出器電流が積分される固定の間隔は、2 つの正の部分及び 1 つの負の部分（又はその逆）を有する。1 つの正の部分は、前記負の部分を補償し、第 2 の正の部分は、前記出力信号に寄与する。また、この実施例において、前記検出器電流及びホールド信号 $SW_{HOLD}$ は、好ましくは、同相又は逆位相である。

【0014】

この実施例は、ホールド信号 $SW_{HOLD}$ が前記検出器電流の周波数に等しい周波数及び 50 %のデューティサイクルを持つ上記実施例の欠点をも除去する。当該実施例は、前記圧力変化の検出に対する振動子素子の使用と組み合わされる場合、前記ホールドスイッチが、前記検出器信号の共振周波数と同じ周波数で切り替わるという不利点を示す。前記ホールドスイッチ（典型的には FET）が切り替わる場合、小さな電流が、前記振動子素子の共振周波数でこのスイッチを流れる。結果として、前記振動子は、少し励起され、前記出力信号におけるオフセットを引き起こす。したがって、レーザ光及びサンプル分子無しだとしても、前記出力におけるオフセットは生じる。前記検出器電流の周波数の 3 分の 1 に等しい周波数でホールド信号 $SW_{HOLD}$ を切り替える場合、前記ホールドスイッチは、前記振動子素子の共振周波数で動作されず、前記振動子素子は、もはや切り替わる $SW_{HOLD}$ に対して共振しない。結果として、前記切り替えは、前記検出器電流に作用しない。

【0015】

他の実施例において、同様な効果は、前記検出器電流の周波数の半分に等しい周波数及び 75 %のデューティサイクルを持つ周期的信号としてホールド信号 $SW_{HOLD}$ を生成することにより達成される。

【0016】

この実施例は、サンプルを取るのに必要とされる時間が前の実施例より短いという追加の利点を持つ。これは、同じ信号対雑音比を持つより速い検出、又はより良い信号対雑音比を持つ同等に速い検出をもたらす。他の実施例において、前記処理セクションは、第 1 の及び第 2 の出力信号をそれぞれ生成することにより第 1 の及び第 2 の測定を行い、前記第 2 の測定に使用されるホールド信号 $SW_{HOLD}$ は、前記検出器電流の周期の半分だけ位相シフトされ、前記処理セクションは、前記第 1 の及び第 2 の出力信号の絶対値から平均出力信号を計算する。

【0017】

この実施例において、前記ホールドスイッチの切り替えにより引き起こされたオフセットは平均される。前記第 1 の測定は正の結果を与え、前記第 2 の測定は負の結果を与える

10

20

30

40

50

が、両方とも同じオフセットを持つ。

【0018】

更に他の実施例において、前記ホールドスイッチは、バッファ段を介して前記振動子素子に結合される。前記バッファ段は、追加のゲインをもたらす。前記検出器素子と前記ホールドスイッチとの間にもはや直接的な結合が存在しないので、前記バッファ段は、オフセット相殺をもたらす。

【0019】

好適な実施例において、前記処理セクションは、前記積分増幅器から前記出力信号に積分電圧を複製する選択スイッチと、前記積分増幅器をリセットするリセットスイッチとを更に有し、前記タイミング回路は、前記選択スイッチを動作する選択信号 $SW_{SELECT}$ 及び引き続いて前記リセットスイッチを動作するリセット信号 $SW_{RESET}$ を生成し、前記タイミング回路は、更に、リセット信号 $SW_{RESET}$ の周波数の少なくとも2倍の周波数を持つホールド信号 $SW_{HOLD}$ を生成する。

【0020】

この実施例において、少なくとも2つ、好ましくはそれ以上の連続したサンプルの積分された検出器電流が合計される。より高い信号対雑音比に対して、より多くのサンプルが、キャパシタ電荷を前記出力信号に複製し、新しい測定を開始するように前記キャパシタをリセットする前に収集される。

【0021】

前記光音響検出器の好適な実施例において、前記処理セクションは、前記積分増幅器からの積分電圧を所定の値と比較する比較器と、前記積分電圧が前記所定の値に到達する場合に、リセットスイッチを閉じ、前記積分増幅器をリセットするリセットパルス $SW_{REST}$ を供給するリセットパルス生成器と、前記積分電圧が前記所定の値に到達する場合に、前記所定の値に到達するのに使用された合計サンプリング時間を決定するタイマとを有する後処理ユニットを更に有する。

【0022】

小さな検出器電流に対して、より多くのゲインが、十分な信号対雑音比を得るのに必要とされ、これは結果としてより長い積分時間を生じる。しかしながら、大きな検出器電流に対して、より小さなゲインが必要とされ、これは結果としてより短い積分時間を生じる。前記合計サンプリング時間を適応的に計算することにより、信号対雑音比は、十分に保たれることができ、前記積分時間は、可能な限り短く保たれることができる。

【0023】

本発明のこれら及び他の態様は、以下に記載される実施例を参照して説明され、明らかになる。

【図面の簡単な説明】

【0024】

【図1】従来の光音響トレースガス検出器を概略的に示す。

【図2】本発明による光音響トレースガス検出器を概略的に示す。

【図3】図2による光音響トレースガス検出器の動作を示す信号の一群を示す。

【図4】図2による光音響トレースガス検出器の他の実施例の動作を示す信号の一群を示す。

【図5】本発明による光音響トレースガス検出器の好適な実施例を概略的に示す。

【図6 a】図5の実施例に含まれる後処理ユニットの模範的な構成を示す。

【図6 b】図5に示される実施例の動作を示す信号の一群を示す。

【発明を実施するための形態】

【0025】

図1は、従来の光音響検出器を概略的に示す。以下に記載される光音響トレースガス検出器は、気体混合物内のトレースガス濃度を検出するが、本発明は、他のサンプル混合物内の組織、流体又は固体サンプルを検出するのにも応用されることができる。トレースガス検出器100は、光源としてレーザダイオード101を使用する。レーザ光の波長は、

10

20

30

40

50

前記トレースガス分子を励起することができるようものが選択される。代わりに、前記トレースガス分子を励起するのに十分なエネルギーを持つ光ビームを生成することができる他のタイプのレーザ源又は他の光源が使用されてもよい。レーザドライバ102は、レーザダイオード101に対する駆動信号を提供する。この実施例において、レーザドライバ102は、前記光ビームを変調する変調器としても機能する。レーザドライバ102は、DC信号を供給するDC源121とAC信号を供給するAC源122とを有する。前記DC信号及び前記AC信号は、加算器123において結合され、次いでレーザダイオード101に供給される。結果として、前記光ビームの強度は、正弦波パターンにしたがって時間変動する。前記レーザビームのより高い強度は、前記トレースガス内に多くの分子が励起される結果となり、これは、前記気体混合物のより高い温度を生じる。前記駆動信号のより大きな振幅は、より大きな温度変動を生じる。前記トレースガスのより高い濃度も、より高い温度変動を生じる。前記温度変動は、前記気体混合物において圧力変化又は音波を引き起こす。前記圧力変化は、マイクロフォン又は振動子素子103のような検出器素子により検出される。前記レーザ光が振動子素子103の共振周波数において変調される場合、前記音波は、振動子103を励起する。好ましくは、振動子素子103は、水晶音叉のような結晶振動子である。水晶音叉は、高い感度を持ち、高い周波数において動作する。更に、水晶音叉は、例えばデジタル時計の製造のために大規模に使用されるので、あまり高価ではない。

#### 【0026】

前記光ビームの強度の変調は、連続的な強度を持つ光ビームを操作することによっても実現されることができる。例えば、連続波光ビームから強度変調された光ビームを生成する機械的チョッパが我々に既知である。

#### 【0027】

代替実施例において、前記光ビームの強度は一定であり、前記レーザ光の波長は変調される。この実施例は、特定の波長範囲内の光のみが前記トレースガス分子を励起するのに適しているという効果を活用する。波長変調に対して、前記レーザは、振動子103の共振周波数の半分で変調される。振動子103は、この場合、前記振動子の共振周波数において共振し始める（波長変調は前記周波数を2倍にする）。

#### 【0028】

振動している結晶振動子103は、振動子103の共振周波数に等しい周波数を持ち、前記トレースガス濃度に比例する振幅を持つ小さな振動検出器電流 $I_{osc}$ を生成する。信号処理ユニット106は、前記トレースガス濃度を示す出力信号 $U_{out}$ を供給するように検出器電流 $I_{osc}$ を処理する。従来の処理ユニットは、前置増幅器104及びロックイン検出器105を有する。前置増幅器104は、この電流 $I_{osc}$ を増幅する。ロックイン検出は、実際の出力の生成を行う。ロックイン検出器105は、前記増幅された信号と同じ位相を持つ基準信号と前記増幅された信号を混合する。前記基準信号は、ACレーザ信号から算出される。トリガ107及び位相シフタ108は、前記基準信号をミキサ113に供給するのに使用される。ミキサ113は、前記基準信号を前記増幅された信号と混合する。ミキサ出力はローパスフィルタリングされ、したがってDC出力 $U_{out}$ は前記検出されたトレースガス濃度を表す。

#### 【0029】

図2は、本発明による光音響トレースガス検出器200を概略的に示す。本発明によると、前置増幅器104及びロックイン検出器105は、前置増幅及び出力信号 $U_{out}$ の生成を行うように特別な切り替えアルゴリズムを持つ積分増幅器により置き換えられる。実際の混合は、積分器により行われ、したがって外部ロックイン検出は、もはや必要とされない。レーザダイオード101は、再びAC及びDC電流を供給される。光誘起圧力変化は、振動子103を励起し、前記積分増幅器は、検出器電流 $I_{osc}$ を増幅する。図2に示される前記積分器は、オペアンプ110及びオペアンプ110の出力部をオペアンプ110の負の入力部と相互接続するキャパシタ111を有する。前記積分器は、制御されるべき3つのスイッチを持つ。ホールドスイッチは、振動子電流 $I_{osc}$ をキャパシタ111に記憶す

10

20

30

40

50

るのに使用される。このスイッチは、 $I_{OSC}$ と同相である必要がある。リセットスイッチは、必要な場合には前記積分器をリセットし、選択スイッチは、積分された出力値 $U_{INT}$ を前記出力に複製する。トリガ107は、位相シフト回路108と一緒に、 $I_{OSC}$ と同相の前記ホールドスイッチに対する切り替え信号 $SW_{HOLD}$ を得るのに使用される。タイミング生成器ブロック109（通常はデジタル論理の小片）は、ACレーザ周波数から前記切り替え信号を生成する。時々（例えば毎秒10又は100回）、タイミング生成器ブロック109は、選択信号 $SW_{SELECT}$ を生成し、積分信号 $U_{INT}$ は前記出力に複製される。その直後に、リセット信号 $SW_{RESET}$ は、キャパシタ111をリセットする。したがって、前記ゲインは、リセット周波数にも依存する。図3は、図2による光音響トレースガス検出器200の動作を示す信号の一群を示す。図3において、以下の信号が示される。

$I_{OSC}$ ：振動子103からの信号である。前記信号の周波数は、振幅変調のAC変調周波数の周波数と同じ、又は波長変調が使用される場合には前記波長変調のAC変調周波数の2倍である。 $I_{OSC}$ の振幅は、前記トレースガスの濃度に比例する。図3は、前記トレースガス濃度の1回の増加を示す。 $t = t_1$ において、前記トレースガス濃度及び検出器電流 $I_{OSC}$ はおよそ2倍になる。

$SW_{HOLD}$ ：ホールド信号 $SW_{HOLD}$ は、前記ホールドスイッチを制御する。 $SW_{HOLD}$ がハイである場合、前記スイッチは閉じられる。 $SW_{HOLD}$ がローである場合、前記スイッチは開かれることを示す。 $I_{OSC}$ 及び $SW_{HOLD}$ の比較は、検出器電流 $I_{OSC}$ の負の部分のみがキャパシタ111にフィードされることを示す。 $I_{OSC}$ が正である場合、前記ホールドスイッチは開かれ、 $I_{OSC}$ はキャパシタ111により積分されない。この例において、 $SW_{HOLD}$ の周波数は、 $I_{OSC}$ の周波数と同じであり、デューティサイクルは50%である。

$U_{INT}$ ：前記ホールドスイッチが閉じられ、検出器電流 $I_{OSC}$ がキャパシタ111にフィードされる場合、オペアンプ110の出力部における電圧 $U_{INT}$ は増加する。前記ホールドスイッチが閉じられる場合、 $U_{INT}$ は一定のままである。

$SW_{SELECT}$ ：時々（例えば、毎秒10又は100回）、選択信号 $SW_{SELECT}$ はハイであり、電圧 $U_{INT}$ は、サンプルホールド回路112によりサンプリングされる。

$SW_{RESET}$ ： $U_{INT}$ をサンプリングした直後に、リセット信号 $SW_{RESET}$ は、リセットスイッチを閉じさせ、前記積分器はリセットされる。この後に、前記積分器は、再び検出器電流 $I_{OSC}$ を積分し始め、次のリセットまでこれを続ける。高いリセット周波数は、結果として高いサンプリングレート及び比較的低いゲインを生じる。低いリセット周波数は、結果として低いサンプリングレート及び高いゲインを生じる。前記ゲインは、したがって、前記リセット周波数にも依存する。

$U_{OUT}$ ：前記サンプルホールド回路は出力信号 $U_{OUT}$ を供給する。図3に示されるように、前記トレースガス濃度は $t = t_1$ において増加し（ $I_{OSC}$ の振幅が増加する）、出力信号 $U_{OUT}$ は、最初に新しいサンプルが取られる（ $SW_{SELECT}$ がハイである）ときに変化する。

#### 【0030】

図3を参照して示される実施例は、前記ホールドスイッチが前記結晶振動子の共振周波数と同じ周波数で切り替わるという不利点を持つ。前記ホールドスイッチ（典型的にはFET）が切り替わる場合、小さな電流が、前記結晶振動子の共振周波数でこのスイッチを流れる。結果として、前記振動子は、少しだけ励起され、 $U_{OUT}$ におけるオフセットを引き起こす。したがって、レーザ光及びトレースガス無しでも、前記出力におけるオフセットは生じる。この不利点は、図4を参照して示される実施例において生じない。図4は、図2による光音響トレースガス検出器200の他の実施例の動作を示す信号の一群を示す。この事象において、 $SW_{HOLD}$ の周波数は、 $I_{OSC}$ の周波数の3分の1であり、デューティサイクルは50%である。この実施例において、前記検出器電流は、3周期ごとに1回だけ積分され、前記検出器電流が積分される固定の間隔は、2つの負の部分及び1つの正の部分を有する。第1の負の部分は、前記正の部分を補償し、第2の負の部分が、出力信号 $U_{OUT}$ に寄与する。前記ホールドスイッチが前記結晶振動子の共振周波数において動作されないので、この切り替えは、検出器電流 $I_{OSC}$ に作用しない。

#### 【0031】

10

20

30

40

50

同様の効果は、検出器電流  $I_{OSC}$  の周波数の半分に等しい周波数及び 75 % のデューティサイクルを持つホールド信号  $SW_{HOLD}$  を生成することにより達成される。この実施例は、サンプルを取るのに必要とされる時間が前の実施例より短いという追加の利点を持つ。これは、同じ信号対雑音比を持つより速い検出、又はより良い信号対雑音比を持つ同等に速い検出の結果となる。

#### 【0032】

原理的に、 $SW_{HOLD}$  に対する 100 % より低い全てのデューティサイクルは、検出器電流  $I_{OSC}$  を積分することを可能にする。しかしながら、例えば 1 % 又は 99 % のデューティサイクルは、積分時間が非常に長い場合にのみ改良されたゲインを結果として生じる。 $SW_{HOLD}$  の周波数に対しても、多くの異なる値が選択されうる。全ての実施例において、 $SW_{HOLD}$  の周波数及びデューティサイクル並びに  $SW_{SELECT}$  及び  $SW_{RESET}$  の周波数の適切な組み合わせが選択されることが重要である。適切な組み合わせの一部の例は、上に記載されている。代替的には、 $SW_{HOLD}$  の周波数は、例えば光変調の周波数の 99 % であってもよく、これは結果として低周波数の混合信号を生じる。この低周波数混合信号は、適切な周波数でサンプリングされる場合に、前記サンプル濃度に対する尺度として使用されることもできる。

10

#### 【0033】

他の実施例において、前記処理セクションは、第 1 の及び第 2 の出力信号を生成し、前記第 2 の出力信号を得るのに使用されるホールド信号  $SW_{HOLD}$  が前記検出器電流に対して 180 ° 位相シフトされ、前記処理セクションは、前記第 1 の及び第 2 の出力信号の絶対値から平均出力信号を計算する。この実施例において、前記ホールドスイッチの切り替え及び結果として生じる前記結晶振動子の励起により引き起こされたオフセットは平均される。この第 1 の測定は正の結果を与え、第 2 の測定は負の結果を与えるが、両方とも同じオフセットを持つ。

20

#### 【0034】

更に他の実施例において、前記ホールドスイッチは、バッファ段を介して前記結晶振動子に結合される。前記バッファ段は、結果として追加のゲインを生じ、前記ホールドスイッチからの電流による前記検出器の励起を防ぐ。前記バッファ段のゲインは、十分に小さく保たれ、したがって前記バッファ段のノイズ電流は、検出器ノイズ電流より大幅に下に留まる。

30

#### 【0035】

図 5 は、本発明による光音響トレースガス検出器 200 の好適な実施例を概略的に示す。この実施例において、処理セクション 106 は、キャパシタ 111 からの積分電圧  $U_{INT}$  を所定の値と比較し、前記積分電圧が前記所定の値に到達する場合に前記所定の値に到達するのに使用された合計サンプリング時間を決定し、前記出力信号として前記合計サンプリング時間を出力する後処理ユニット 112 を有する。小さな検出器電流に対して、より多くのゲインが十分な信号対雑音比を得るのに必要とされ、これは、より長い積分時間を要する。しかしながらより大きな検出器電流に対して、より小さなゲインが必要とされ、より短い積分時間を要する。前記合計サンプリング時間を適応的に計算することにより、前記信号対雑音比は、十分に保たれることができ、前記積分時間は可能な限り短く保たれることができる。

40

#### 【0036】

図 6 a は、図 5 の実施例に含まれる後処理ユニット 112 の模範的な構成を示す。後処理ユニット 112 は、キャパシタ 111 からの積分電圧  $U_{INT}$  を所定の値  $U_{COMP}$  と比較する比較器 201 を有する。積分電圧  $U_{INT}$  が所定の値  $U_{COMP}$  に到達する場合、リセットパルス生成器 202 は、リセットスイッチを閉じ、キャパシタ 111 を放電するパルス  $SW_{RESET}$  を供給する。前記トレースガス濃度がより高い場合、所定の値  $U_{COMP}$  は、より早く到達され、2 つのリセットパルス間の時間はより短い。したがって、"リセットすべき時間" は、前記トレースガス濃度を示す。

#### 【0037】

50

図 6 b は、図 5 に示される実施例の動作を示す信号の一群を示す。リセットパルス  $SW_{RESET}$  は、 $U_{INT}$  が  $U_{COMP}$  に到達する場合に供給される。振動子電流  $I_{OSC}$  の振幅の増加の後に、サンプリング時間値  $t_{OUT}$  は、最初に  $U_{INT}$  が所定の値  $U_{COMP}$  に到達するとすぐに変化する。サンプリング時間値  $t_{OUT}$  に対するより小さな値は、より高いトレースガス濃度に関連する。小さな検出器電流に対して、より多くのゲインが、十分な信号対雑音比を得るために必要とされ、これは結果としてより長い積分時間を生じる。しかしながら大きな検出器電流に対して、より小さいゲインが必要とされ、これは結果としてより短い積分時間を生じる。合計サンプリング時間を適応的に計算することにより、前記信号対雑音比は、十分に保たれることができ、前記積分時間は、可能な限り短く保たれることができる。

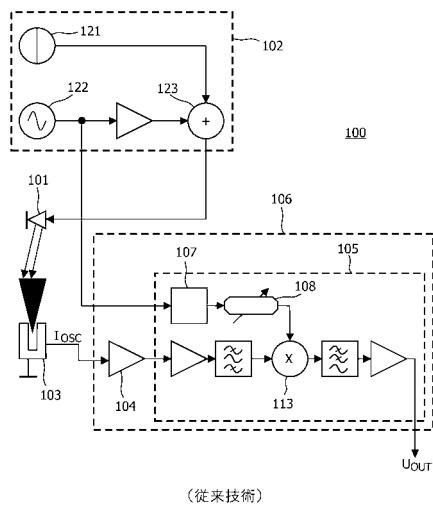
【0038】

10

上述の実施例が本発明を限定するのではなく説明し、当業者が添付の請求項の範囲から逸脱することなく多くの代替実施例を設計することができることに注意すべきである。請求項において、括弧間に配置された参照符号は、前記請求項を限定すると解釈されるべきでない。動詞"有する"及びその活用形の使用は、請求項に記載されたもの以外の要素又はステップの存在を除外しない。要素に先行する冠詞"1つの"は、複数のこのような素子の存在を除外しない。本発明は、複数の別個の要素を有するハードウェアを用いて、及び適切にプログラムされたコンピュータを用いて実施することができる。複数の手段を列挙する請求項において、これらの手段のいくつかが同一のハードウェアアイテムにより実施されてもよい。特定の方策が相互に異なる従属請求項に記載されているという単なる事実は、これらの方策の組み合わせが有利に使用されることを示さない。

20

【図 1】



【図 2】

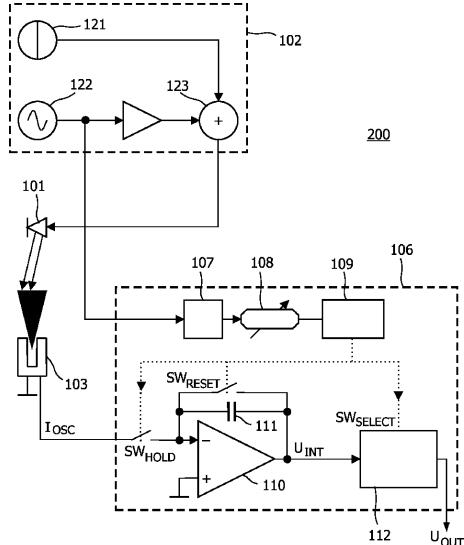


FIG. 2

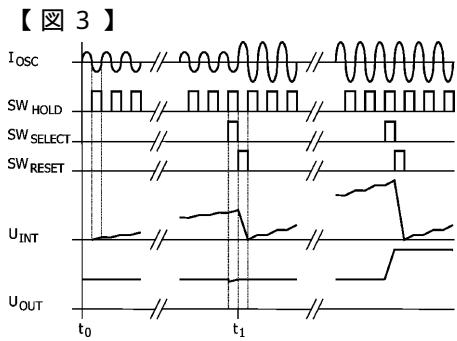


FIG. 3

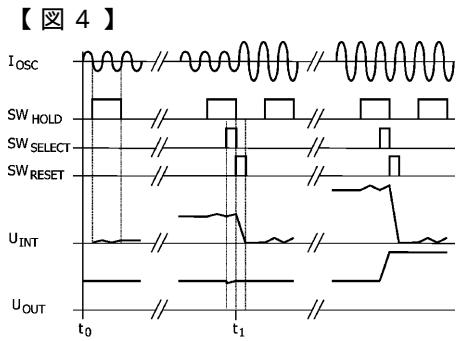


FIG. 4

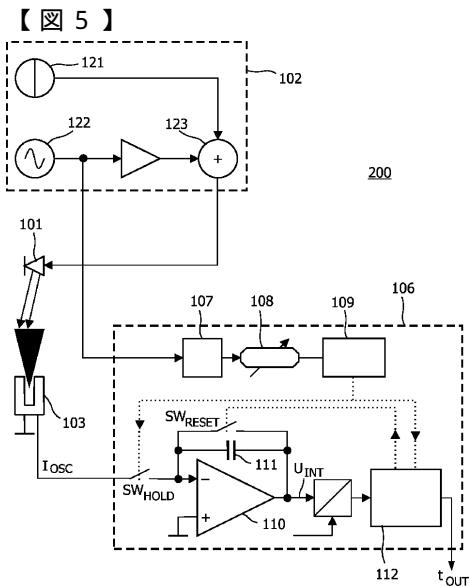


FIG. 5

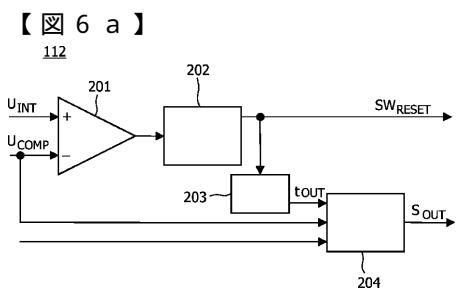


FIG. 6a

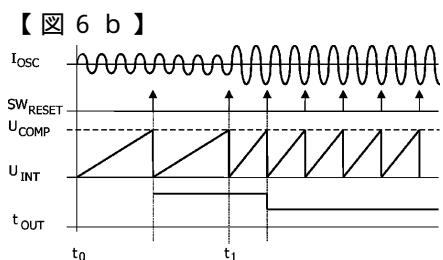


FIG. 6b

---

フロントページの続き

(72)発明者 ヘルヴェヒエン イフォン エフ  
オオランダ国 5 6 5 6 アーエー アインドーフェン ハイテック キャンパス ビルディング  
4 4

(72)発明者 ファン ケステレン ハンス ダブリュ  
オオランダ国 5 6 5 6 アーエー アインドーフェン ハイテック キャンパス ビルディング  
4 4

審査官 横井 亜矢子

(56)参考文献 特開昭5 9 - 2 3 1 4 2 6 (JP, A)  
特開平0 7 - 2 2 2 7 3 7 (JP, A)  
国際公開第2 0 0 6 / 0 9 2 7 5 1 (WO, A 1)  
特開昭6 2 - 0 3 8 3 4 5 (JP, A)  
米国特許出願公開第2 0 0 5 / 0 1 1 7 1 5 5 (US, A 1)  
特開平0 7 - 1 9 0 9 2 7 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G01N 29/00-29/52  
G01N 21/00, 21/01  
G01N 21/17-21/61  
JSTPlus/JMEDPlus/JST7580(JDreamII)